

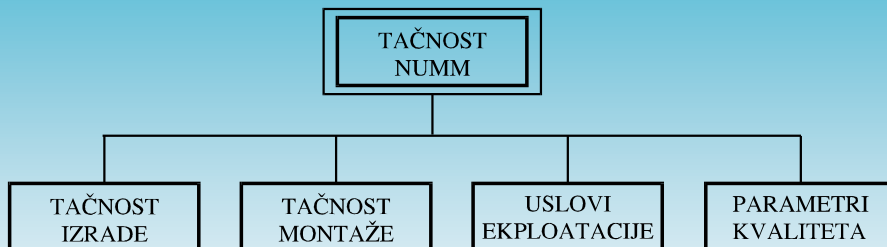
# TAČNOST NUMERIČKI UPRAVLJANIH MERNIH MAŠINA

## UTVRĐIVANJE TAČNOSTI NUMM

Tačnost mernih mašina predstavlja višedimenzionalni parametar, pa njeno utvrđivanje za korisnika, predstavlja ponekad težak posao, zbog sledećih razloga:

- (i) radi se o dodatnim troškovima, jer se koristi specijalna merna oprema
- (ii) nemogućnost da se mašina koristi za vreme ispitivanja, koja su po pravilu duga, i
- (iii) nepostojanje domaćih standarda i angažovanje specijalizovane institucije.

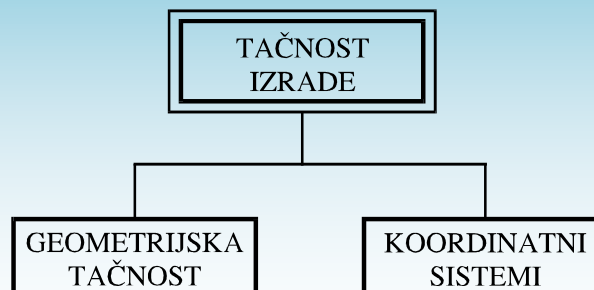
## TAČNOST NUMM



Vektorski zbir parcijalnih tačnosti navedenih komponenata predstavlja ukupnu tačnost MM

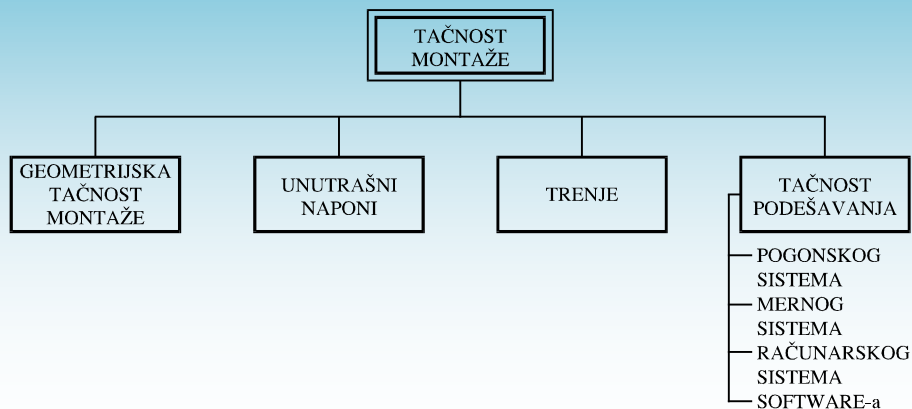
## TAČNOST IZRADE

Netačnost izrade pojedinih smanjuje geometrijsku tačnost sa jedne strane, kao i tačnost određivanja koordinatnih sistema merenja i uravnavanja sa druge strane



## TAČNOST MONTAŽE

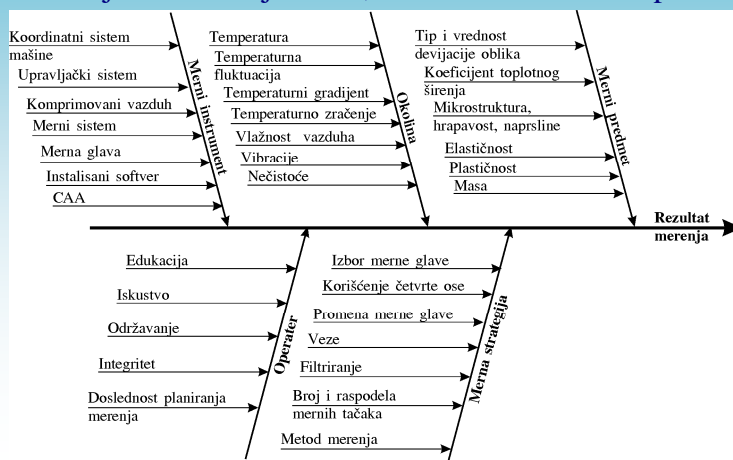
Procesi montaže, s obzirom da NUMM predstavljaju složene inženjerske proizvode, takođe su izvor grešaka, koje utiču na njenu tačnost.



## IZVORI GREŠAKA MERENJA KOD NUMM

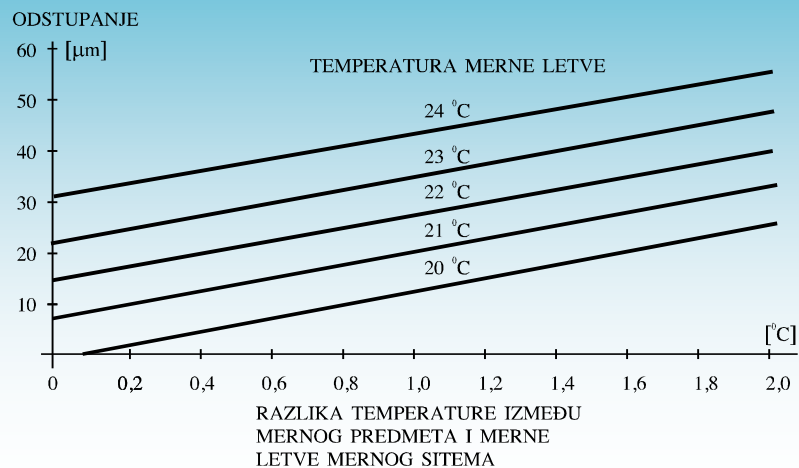
Greške od kojih zavisi tačnost NUMM mogu se podeliti u dve grupe:

- Greške čiji je izvor sama NUMM
- Greške čiji su uzroci tj. izvori, okolni uslovi i merni predmet



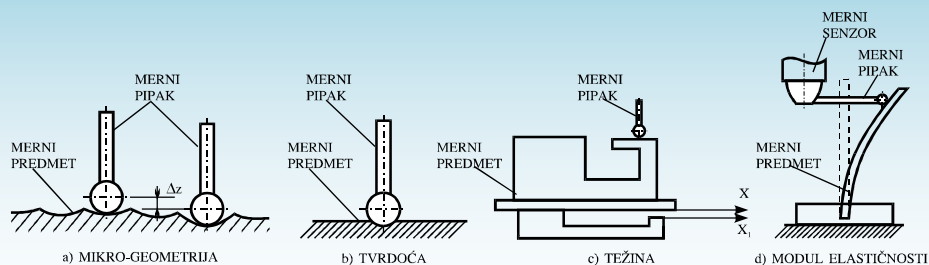
## UTICAJ TEMPERATURE NA TAČNOST MERENJA

Temperatura ima najveći uticaj od uslova okoline na tačnost merenja NUMM



## UTICAJ MERNOG PREDMETA NA TAČNOST MERENJA

Pri merenju (inspekciji) mernih predmeta, posebno treba voditi računa o veličini merne skale i obliku završetka merne kuglice, da ne bi usled plastičnih i elastičnih deformacija na mestu dodira pravljene sistematske greške

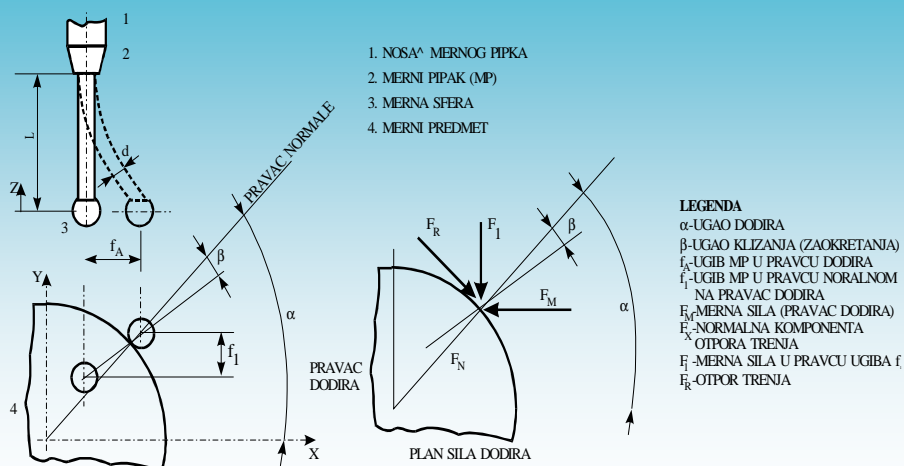


## UTICAJ OPERATERA NA TAČNOST MERENJA

Znanje, stručna osposobljenost, iskustvo i intuicija operatora, takođe utiču na tačnost merenja, kroz sledeće uticaje:

- (i) izbor i određivanje koordinatnih sistema uravnavanja i merenja,
- (ii) izbor strategije i redosleda metroloških operacija, i
- (iii) projektovanje i izbor konfiguracije mernog senzora.

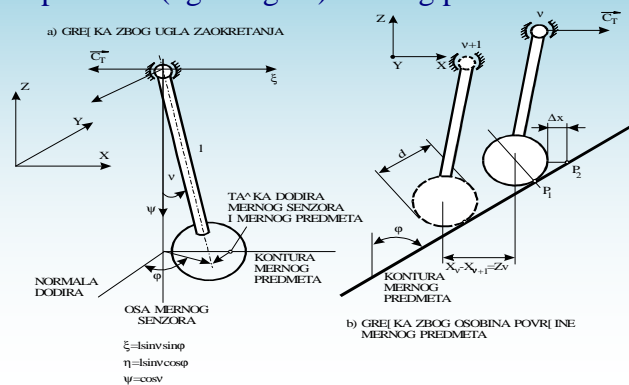
## UTICAJ DEFORMACIJE MERNOG PIPKA NA TAČNOST MERENJA



## UTICAJ MERNE STRATEGIJE NA TAČNOST MERENJA

Prema obliku mernog predmeta, broju i mestu kontaktnih (mernih) tačaka može se desiti greška merenja, koja direktno utiče na tačnost merne mašine, zbog:

- (i) ugla zaokretanja merne sfere i
- (ii) osobina površine (ugla nagiba) mernog predmeta.



## ODRŽAVANJE MAŠINE

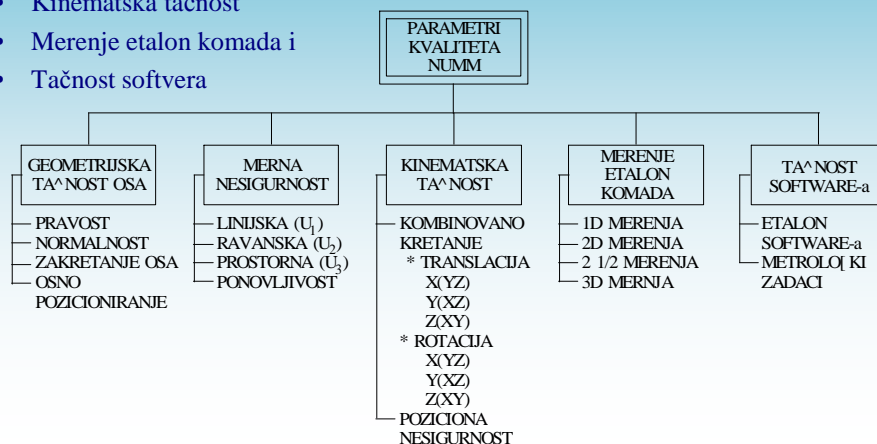
Proizvođači NUMM propisuju i procedure održavanja kojih se treba neizostavno pridržavati. Sve aktivnosti održavanja na NUMM su podeljene na:

- (i) plansko-preventivno održavanje i
- (ii) održavanje na bazi stanja, sa jedne strane i sa druge strane na:
  - (i) srednji remont,
  - (ii) veliki remont, i
  - (iii) interventno održavanje.

## PARAMETRI KVALITETA NUMM

Parametri koji određuju kvalitet jedne NUMM su:

- Geometrijska tačnost osa
- Merna nesigurnost
- Kinematska tačnost
- Merenje etalon komada i
- Tačnost softvera



## GEOMETRIJSKA TAČNOST OSA

### 1) Pravost ose

- $A_{xy}$  - pravost ose X merena u Y pravcu
- $A_{zy}$  - pravost ose Z merena u X pravcu
- $A_{yx}$  - pravost ose Y merena u X pravcu
- $A_{xz}$  - pravost ose X merena u Z pravcu
- $A_{zy}$  - pravost ose Z merena u Y pravcu
- $A_{yz}$  - pravost ose Y merena u Z pravcu

### 2) Normalnost osa

- $\alpha_{xy}$ -normalnost između osa X i Y
- $\alpha_{yz}$ -normalnost između osa Y i Z
- $\alpha_{xz}$ -normalnost između osa X i Z

### 3) Zakretanje ose

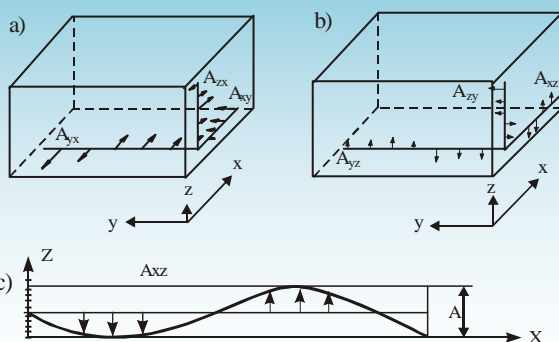
ZAKRETANJE OSE OSA KRETANJA	NAGIB - $\alpha$	UVIJANJE - $\beta$	VALJANJE - $\gamma$
X	$\alpha_x$	$\beta_x$	$\gamma_x$
Y	$\alpha_y$	$\beta_y$	$\gamma_y$
Z	$\alpha_z$	$\beta_z$	$\gamma_z$

### 4) Osno pozicioniranje

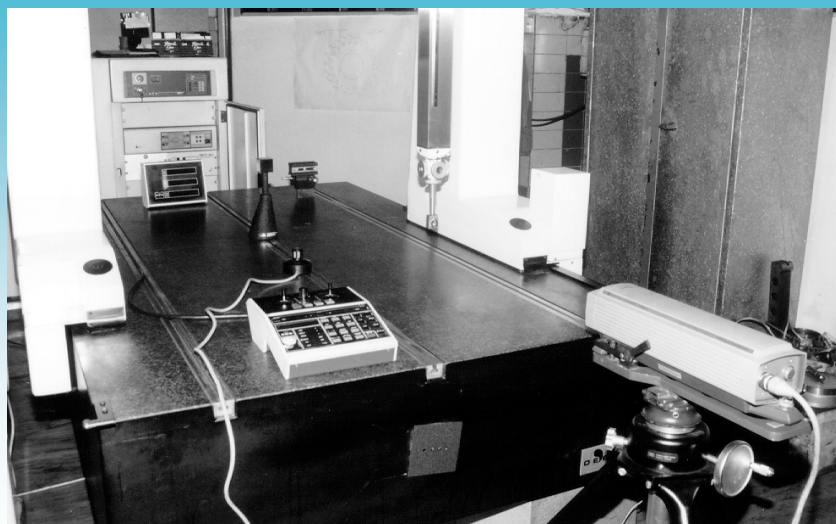
- Pozicioniranje ose X
- Pozicioniranje ose Y
- Pozicioniranje ose Z

## PRAVOST OSE

Ovde se ispituje pravost osa koordinatnog sistema NUMM, i ona predstavlja odstupanje toka njene linije u dve upravne ravni.

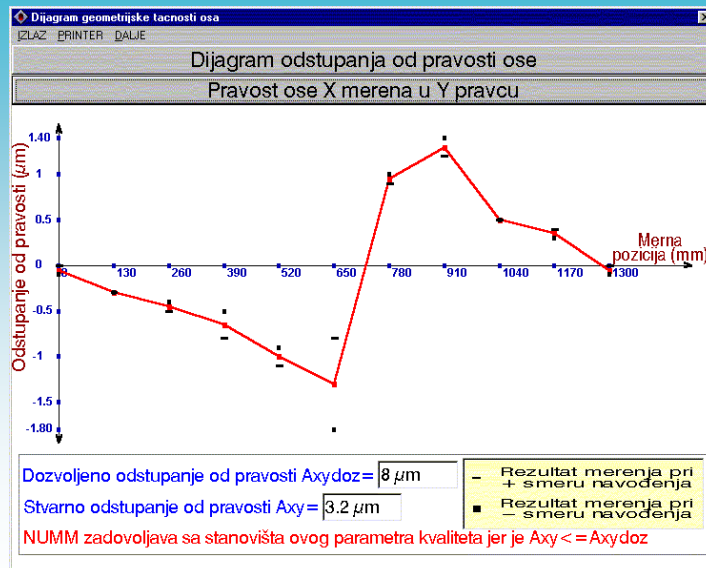


## MERENJE PRAVOST OSE



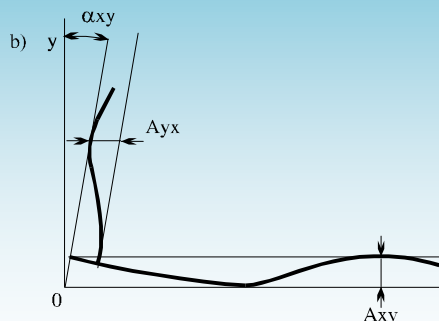
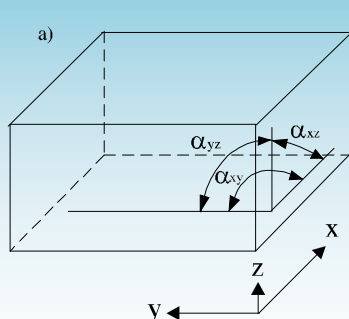


## DIJAGRAM PRAVOST OSE



## NORMALNOST OSA

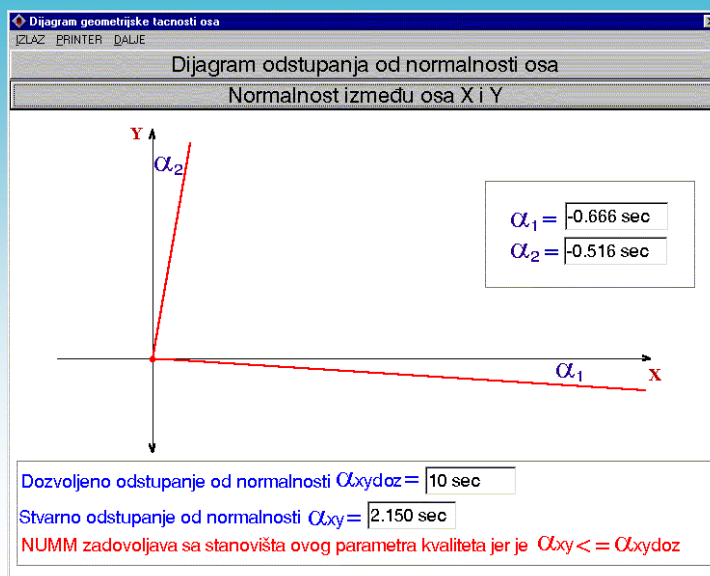
Normalnost dveju osa koordinatnog sistema MM predstavlja odstupanje od  $90^\circ$ , pojasa širine  $A_{ik}$  koji definiše pravost osa  $i$  i  $k$ , i izražava se u lučnim sekundama.



## MERENJE NORMALNOSTI OSA

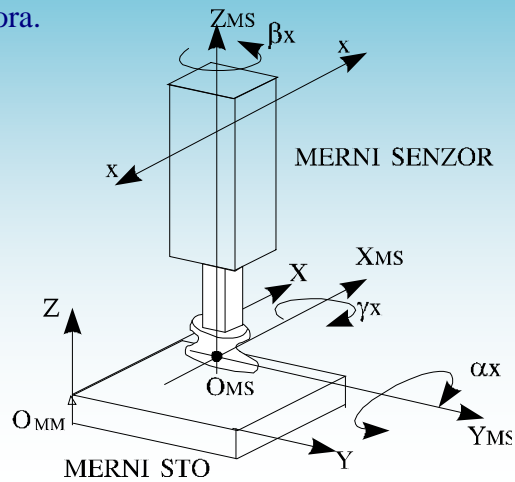


## DIJAGRAM NORMALNOSTI OSA



## ZAKRETANJE OSA

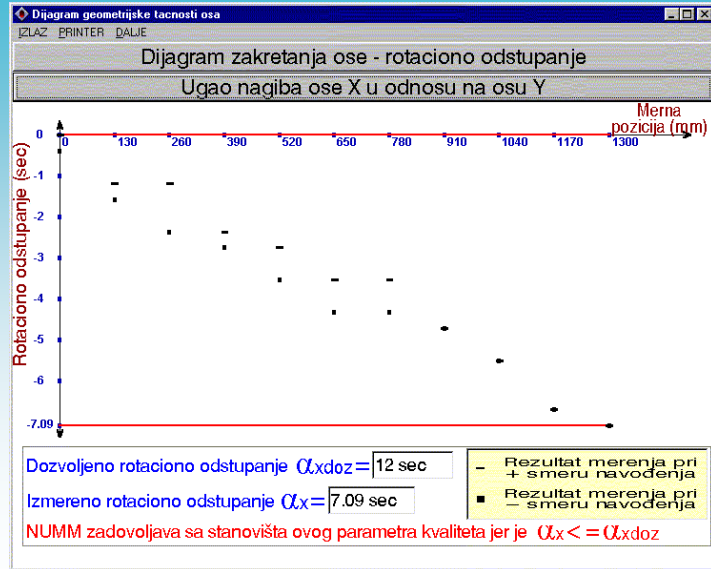
Pokretni elementi noseće strukture NUMM, koji se preko koordinatnog sistema mernog senzora ( $x_{ms}$ ,  $y_{ms}$ ,  $z_{ms}$ ), vezuju za koordinatni sisem MM ( $X, Y, Z$ ), u svakom položaju u mernom opsegu generišu greške zakretanja osa koordinatnog sistema mernog senzora.



## MERENJE ZAKRETANJA OSA

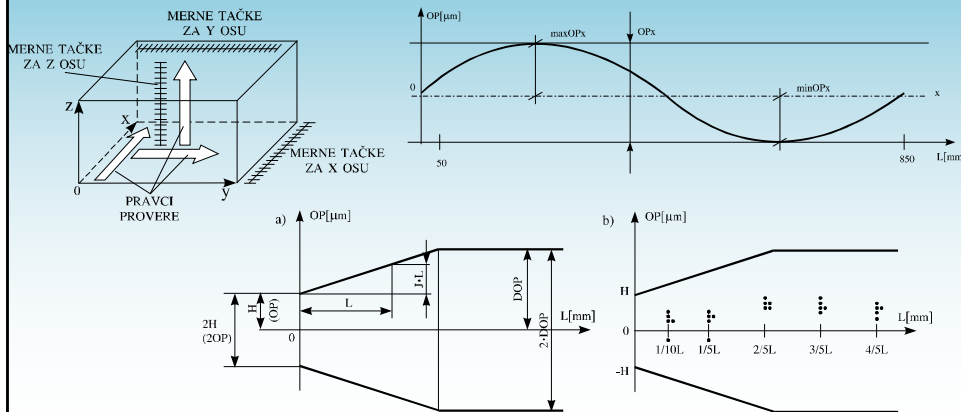


## DIJAGRAM ZAKRETANJA OSE



## OSNO POZICIONIRANJE

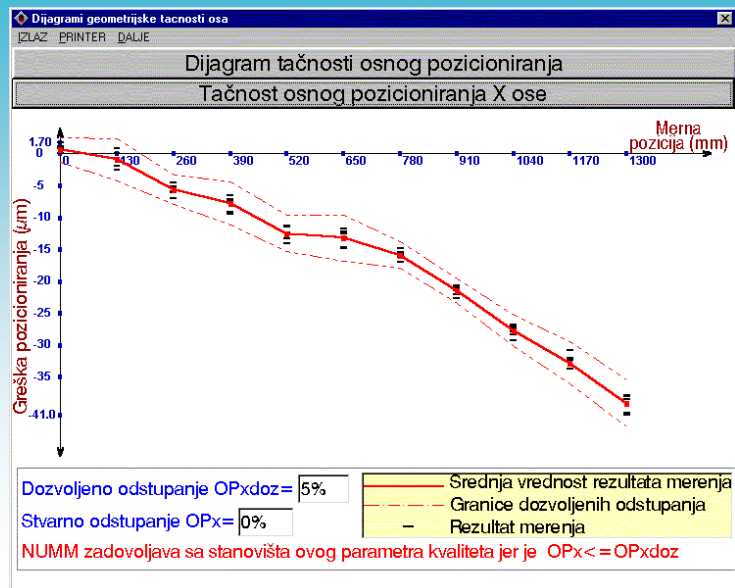
Netačnost osnovog pozicioniranja nastaje pri zauzimanju definisane pozicije pokretnog elementa duž ose koordinatnog sistema MM. Veličina greške predstavlja razliku između veličine pomaka dobijenog posredstvom mernog sistema NUMM i stvarnog pomaka određenog etalonom



## MERENJE OSNOG POZICIONIRANJA



## DIJAGRAM OSNOG POZICIONIRANJA



## MERNA NESIGURNOST

Merna nesigurnost na bazi merenja dužine kod NUMM definiše se kao pouzdanost tačnog merenja rastojanja između dve tačke koje se nalaze na paralelnim ravnima

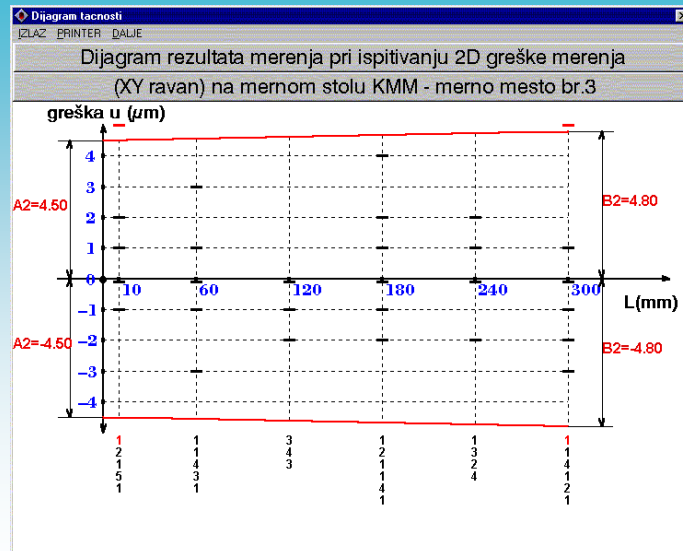
$$|L_a - L_r| \leq U$$

- $L_a$  - merna dužina dobijena na NUMM
- $L_r$  - nominalna (referentna) vrednost merene dužine
- $U$  - dozvoljena vrednost za merenu nesigurnost

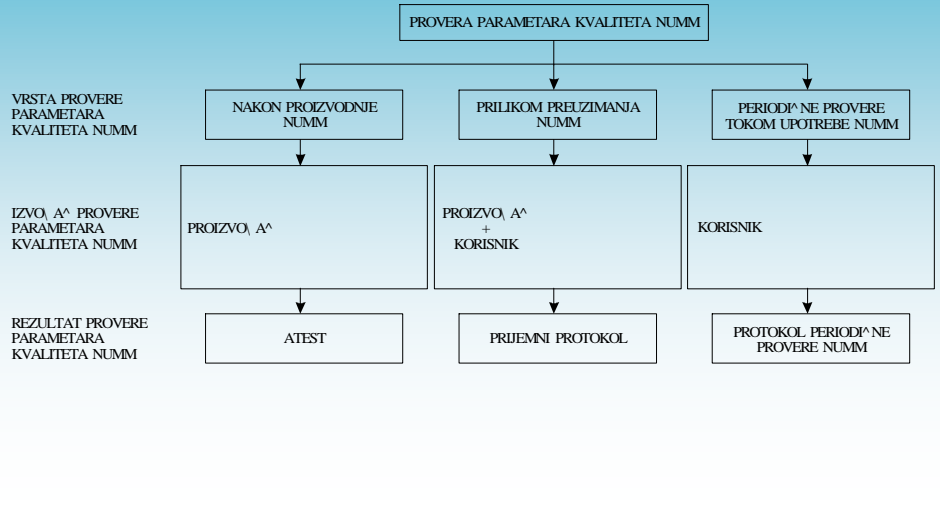
$$U_i = A_i + K_i \cdot L \leq B_i$$

- $i=1$ ; linijska merna nesigurnost
- $i=2$ ; ravanska merna nesigurnost
- $i=3$ ; prostorna merna nesigurnost

## DIJAGRAM OSNOG POZICIONIRANJA

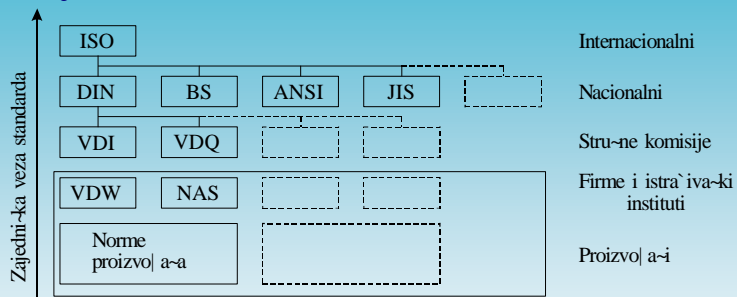


## PROVERA PARAMETARA KVALITETA NUMM



## IZBOR METODE PROVERE PARAMETRA KVALITETA

Hijerarhijska struktura različitih normi i standarda



Najvažniji faktori za određivanje metode provere parametara kvaliteta NUMM:

- potrebno vreme za realizaciju,
- troškovi i složenost opreme i
- obučenost i kvalifikacija operatera.

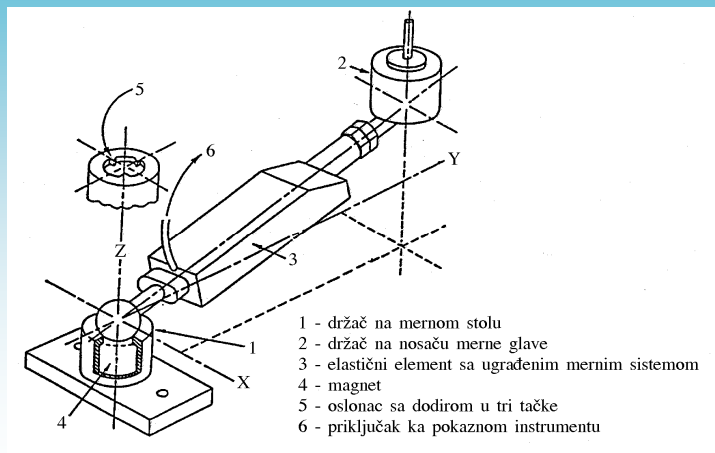
## METODE PROVERE PARAMETARA KVALITETA NUMM

Posmatrajući poznate metode provere parametara kvaliteta NUMM na osnovu merne instrumentacije koja se koristi iste se mogu podeliti na sledeće tehnike:

- Tehnika kinematskog referentnog standarda,
- Tehnika parametarske kalibracije i
- Tehnika prenosnog standarda.

## TEHNIKA KINEMATSKOG REFERENTNOG STANDARDA

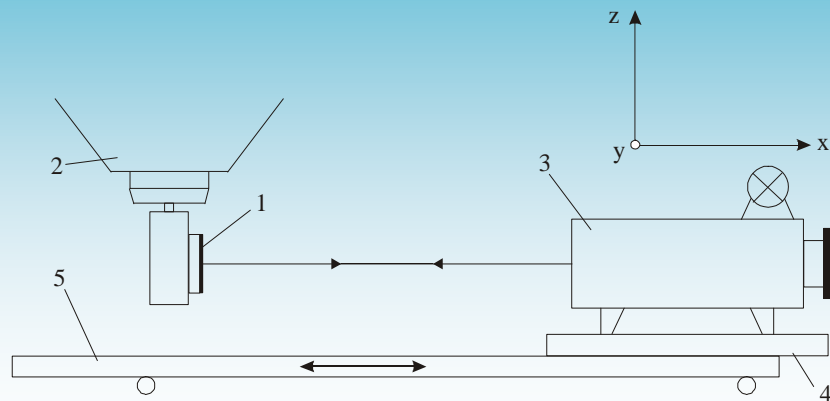
Karakterističan predstavnik tehnike kinematskog referentnog standarda jeste štapno merilo sa nastavcima u obliku kugle.





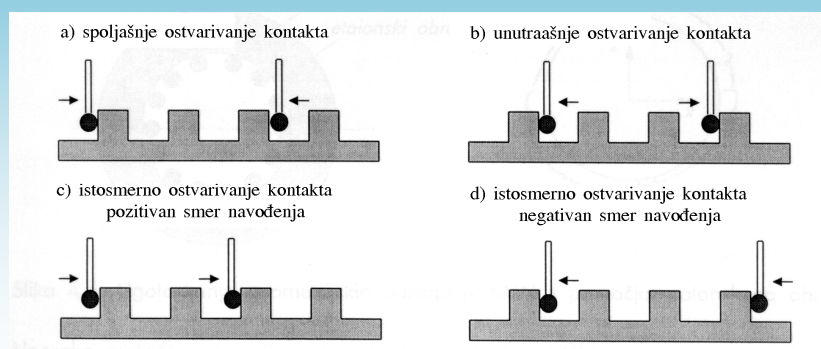
## TEHNIKA PARAMETARSKE KALIBRACIJE

Provera parametara kvaliteta tehnikom parametarske kalibracije vrši se pomoću mernih uređaja autokolimatora, laserskog mernog sistema itd.



## TEHNIKA PRENSNOG STANDARDA

Korišćenjem stepenastog graničnog merila za realizaciju tehnike prenosnog standarda moguće je ostvarivanje različitog kontakta mernog senzora i merne površine stepenastog graničnog merila



## ZADACI RAČUNARA KOD NUMM

Da bi ispunila ove zahteve, NUMM je snabdevena moćnim računarskim sistemom, koji obavlja različite zadatke

Ispravka	Greške vođenja i podešavanja, prečnici i centri vrha mernog pipka, vektorsko krivljenje mernog pipka, greške sonde, krivljenje stola, dinamički uticaji, temperature skale i radnog komada.	
Transformacija	Koordinatni sistem za merenje i kontrolu: mašine, radnog komada rotirajućeg stola, različitih koordinatnih sistema.	
Proračun	Spregnute karakteristike: Gausovo najbolje naleganje, minimalni opisani maksimalni upisani oblik, povezivanje, uparivanje, greške oblika, krivulje, proizvoljni oblici, pretvaranje dimenzija.	
Procena	Praćenje tolerancija, zapisivanje, prenos podataka, statistika, prenos CAD podataka.	
Kontrola	Tačke, linije, putanje, modeli, kopiranje, skeniranje, kolizija, operacija podešavanja.	

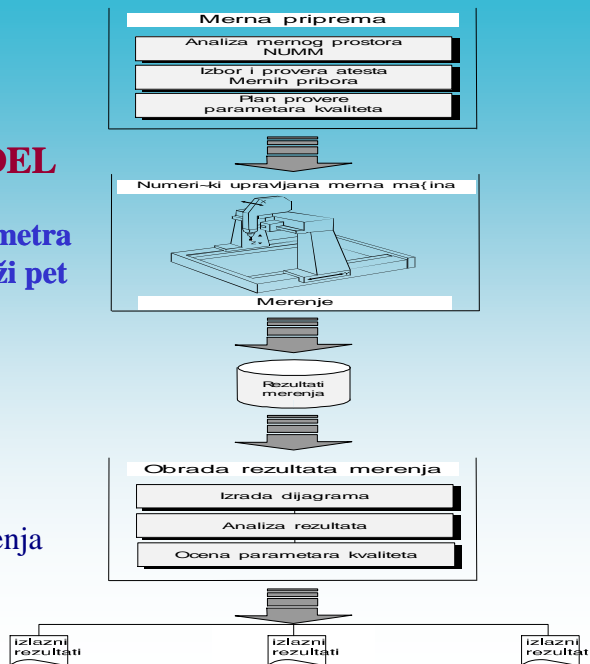
## VRSTE KOMPENZACIJE

Vrsta kompenzacije	Mere kompenzacije
Linearna kompenzacija	Linearno širenje zavisno od temperature, linearna greška skale 
CAA (kompjuterom podržana tačnost)	Zapreminska, statička odstupanja, krivljenje stola uzrokovano toplotom 
Sondni sistem	Vektorsko krivljenje mernog pipka uzrokovano silom sondiranja, odstupanja od mernih sistema, opružni paralelogrami 
D-CAA (Dinamička CAA)	Dinamička odstupanja celokupne konstrukcije mašine zbog vektorskog ubrzanja 

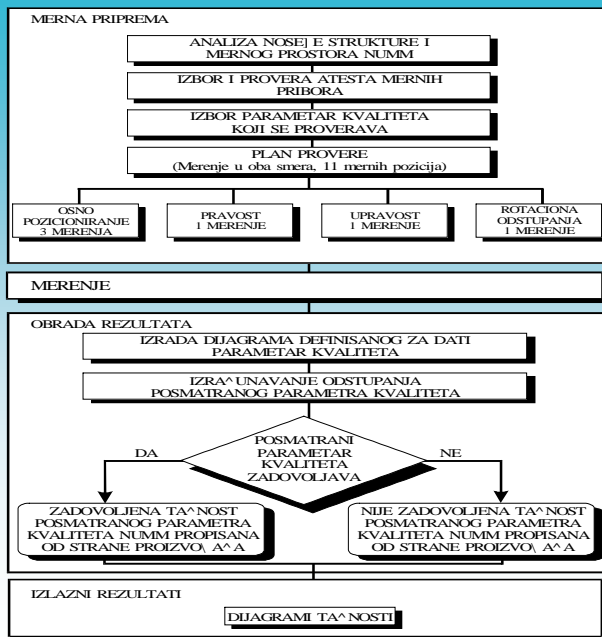
## UOPŠTENI MODEL

Provera bilo kog parametra kvaliteta NUMM sadrži pet osnovnih koraka:

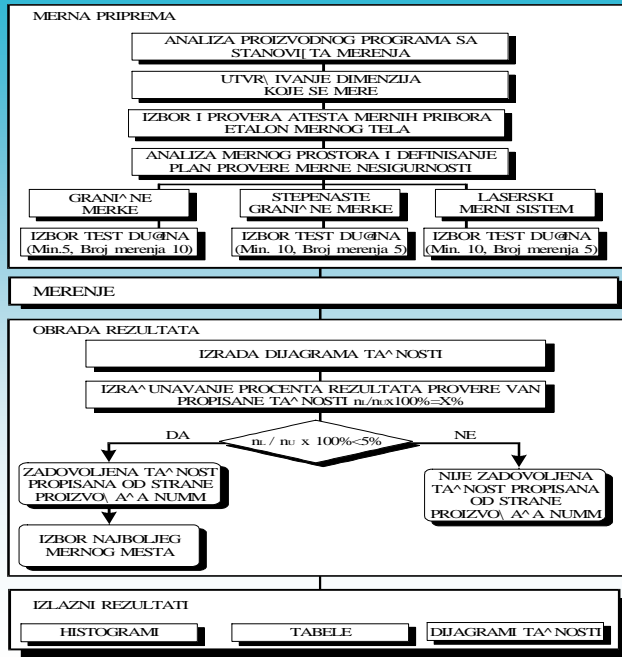
- Merna priprema
- Merenje
- Prikupljanje rezultata merenja
- Obrada rezultata merenja
- Izlazni rezultati



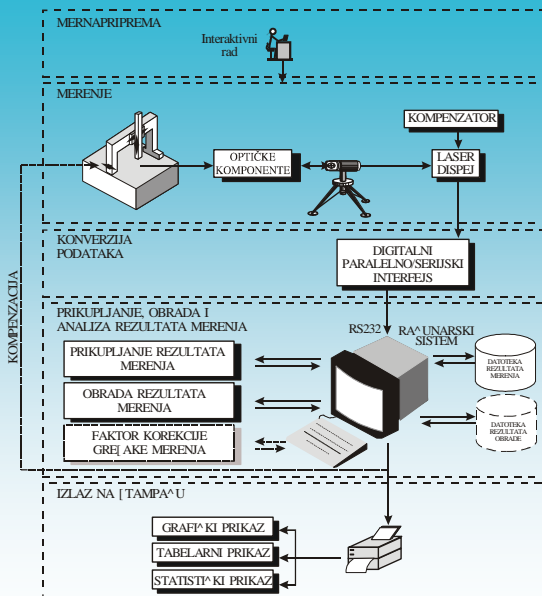
## METODOLOGIJA ZA PROVERU GEOMETRIJSKE TAČNOSTI OSA



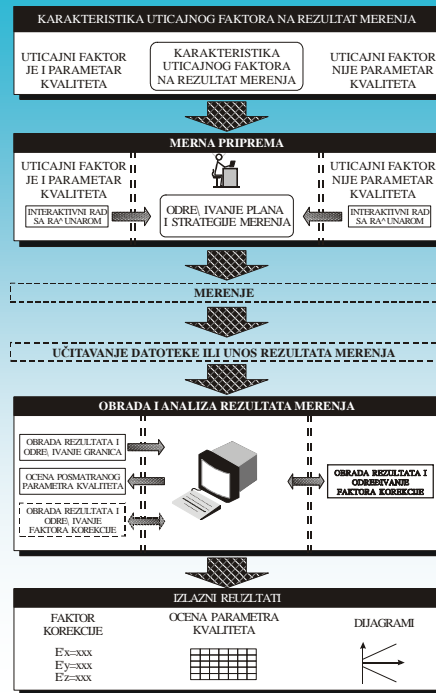
## METODOLOGIJA ZA PROVERU MERNE NESIGURNOSTI



## PRIKAZ RAZVIJENOG MODELA



# GLOBALNI PRIKAZ PROGRAMSKOG REŠENJA



# MERNA PRIPREMA

The screenshot shows the software interface for measurement preparation with several overlapping windows:

- Metodologija po kojoj se ispituje geometrijska tačnost**: Lists methods like IPM-KMM, VDI/VDE 2617, CMM, and JIS B 7440.
- Parametar kvaliteta koji se proverava**: Lists parameters such as "Tačnost osnovog pozicioniranja", "Odstupanje od pravosti osa", "Odstupanje od normalnosti osa", and "Zakretanje osa - rotaciona odstupanja".
- Odstupanje od pravosti ose**: Contains sub-sections for "Pravost ose X merena u Y pravcu (Axy)", "Pravost ose Y merena u Z pravcu (Ayz)", "Pravost ose X merena u Z pravcu (Axz)", "Pravost ose Y merena u X pravcu (Ayx)", "Pravost ose X merena u X pravcu (Axx)", and "Pravost ose Y merena u Y pravcu (Ayy)".
- Dozvoljeno odstupanje posmatranog parametra kvaliteta**: Contains input fields for "Tačnost osnovog pozicioniranja" (OPx, OPy, OPz) and "Odstupanje od pravosti ose" (Axy, Ayz, Axz, Ayx, Axx, Ayy).
- Oblik noseće strukture NUMM prema ISO TC3 WG10**: Lists shapes like "Konzolna vertikalna sa nepokretnim stolom", "Konzolna vertikalna sa pokretnim stolom", and "Konzolna horizontalna". It includes a 3D model of a structure.

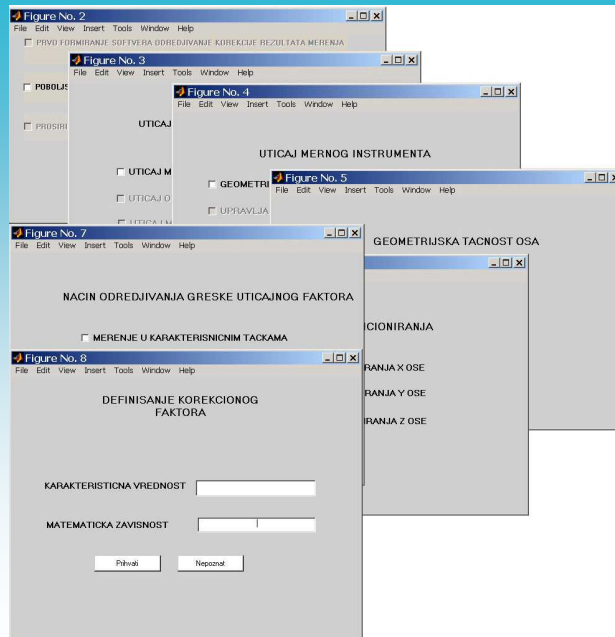
## PRIKAZ PLANA PROVERE



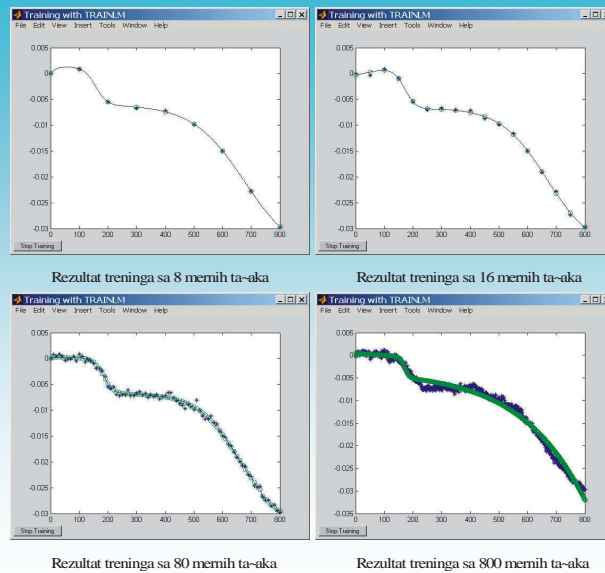
## NIVOI ZA ODREĐIVANJE FAKTORA KOREKCIJE

I NIVO	Početna maska
Start	
II NIVO	Prvo formiranje softvera Izmena elemenata softvera Proširivanje softvera
III NIVO	Izbor osnovnog uticajnog faktora
Uticajni faktori	
IV NIVO	Izbor elementa osnovnog uticajnog faktora za koji se određuje korekcionni faktor
Elementi uticajnog faktora čiji se korekcionni faktor određuje	
V NIVO	Merenje u karakterističnim tačkama Merenje u mernom prostoru Nadzor
Način određivanja korekcionnog faktora	
VI NIVO	Karakteristična vrednost Matematička zavisnost
Definisanje korekcionnog faktora	
VII NIVO	Sumiranje pojedinih korekcionnih faktora
Određivanje ukupnog korekcionnog faktora	

## SOFTVERSKO REŠENJE PO NIVOIMA



## PRIMERI FUNKCIJA PROMENE FAKTORA KOREKCIJE

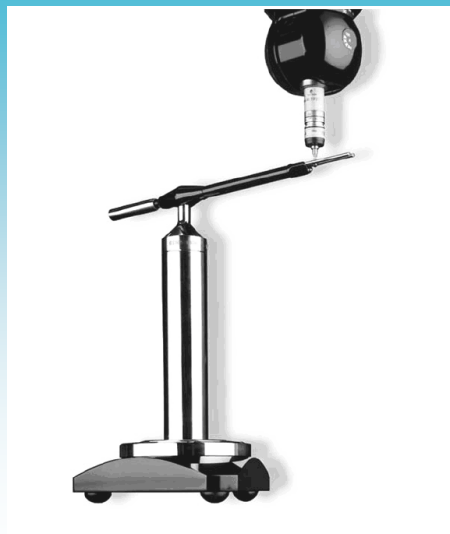


## **IZVEŠTAJ O PROVERI PARAMETARA KVALITETA NUMM**

- Ustanova koja podnosi izveštaj
- Metodologija po kojoj je vršena provera parametara kvaliteta NUMM
- Podaci o mašini
- Deo koji ispunjava ovlašteno lice koje je izvršilo proveru parametara kvaliteta NUMM
- Deo kojim se potvrđuje stanje NUMM i vremenski period za koji važi podneseni izveštaj
- Deo koji ispunjava lice ispred organizacije koja je izvršila proveru parametara kvaliteta NUMM
- Prilog sa rezultatima merenja parametara kvaliteta NUMM u pogodnom obliku

## **MCG SISTEM ZA KONTROLU NUMM**

**Sistem za periodičnu kontrolu mernih mašina (MCG) obezbeđuje brz i jednostavan način za nadgledanje mernih performansi NUMM. Može da se koristi kao privremen kontrolni merač u skladu sa internacionalnim standardima.**



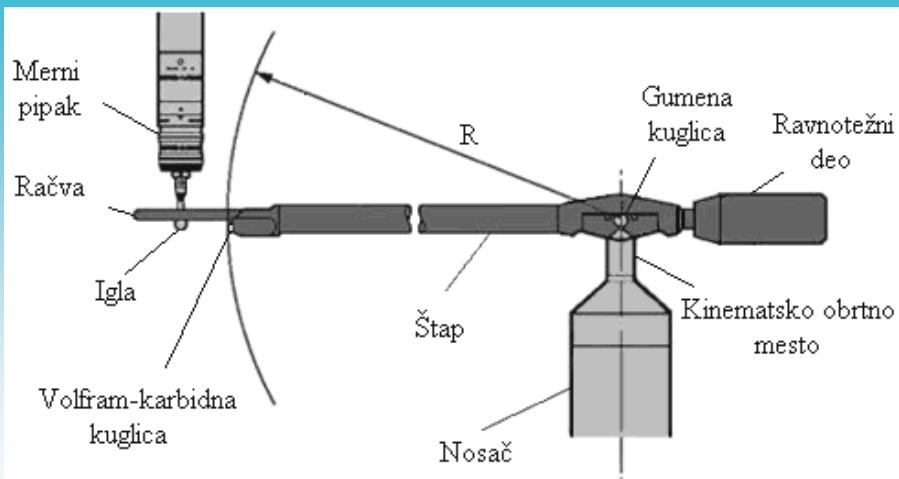


## OSNOVNA STRUKTURA

Kinematsko sedište dozvoljava veoma tačno ručno okretanje, horizontalno za  $360^\circ$  i vertikalno za  $\pm 45^\circ$ . Drugo kinematsko mesto koje se nalazi na kraju štapa se sastoji iz dve letvice koje čine račvu, volfram-karbidne kuglice na štapu i (ispitivačkog) mernog pipka. Ravnotežni štap je sposoban da opisuje zarubljenu sfernu površinu radijusa  $R$  oko kinematskog obrtnog mesta.

Ravnotežni štap je balansirani da omogući silu na dole od 2 grama prilikom merenja, čime je omogućeno pomeranje ruke bez pogrešnog aktiviranja.

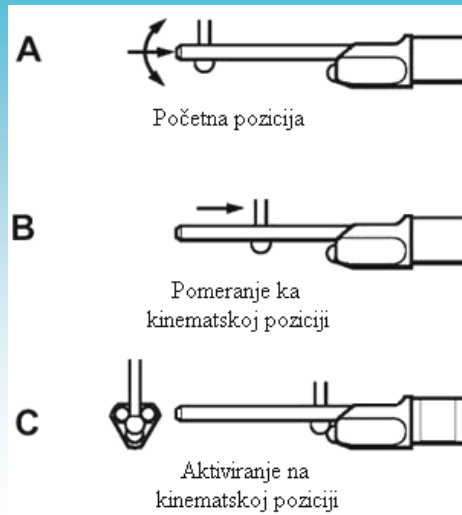
## OSNOVNA STRUKTURA



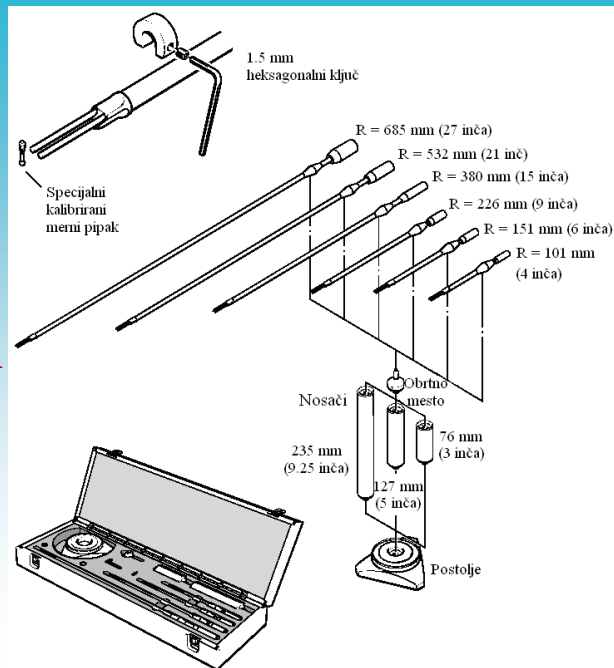
S obzirom na konstantan radijus štapa, bilo koje odstupanje od  $R$  ukazuje na zapreminske merne performanse NUMM za tu zapreminu. Ponavljanjem sekvenci čitanja, proverava se ponovljivost sistema.

## OSNOVNA STRUKTURA

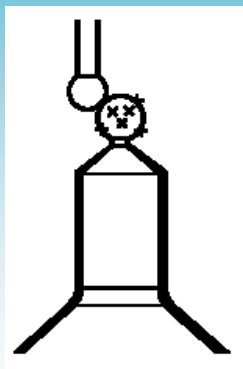
Merni pipak se prvo pomera na početnu poziciju (A), a onda prema tački obrtanja (B) gde će se aktivirati na krajnjoj poziciji (C), i radijus je izmeren.



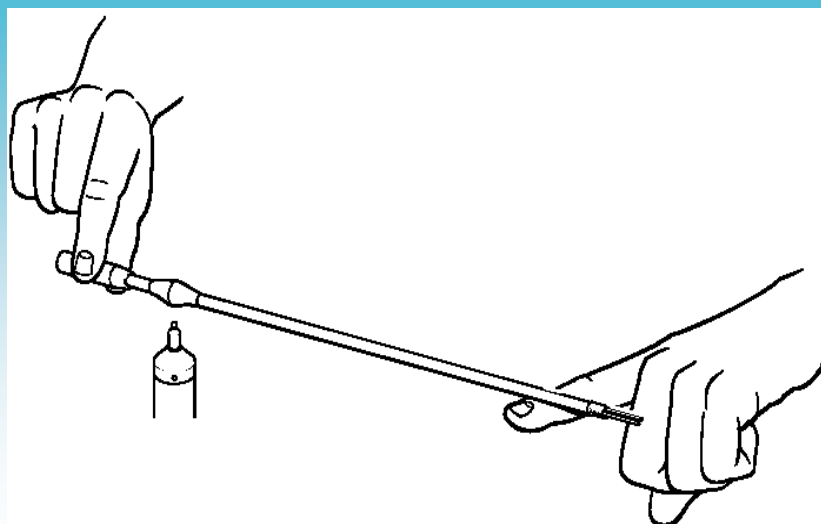
## MCG GARNITURA



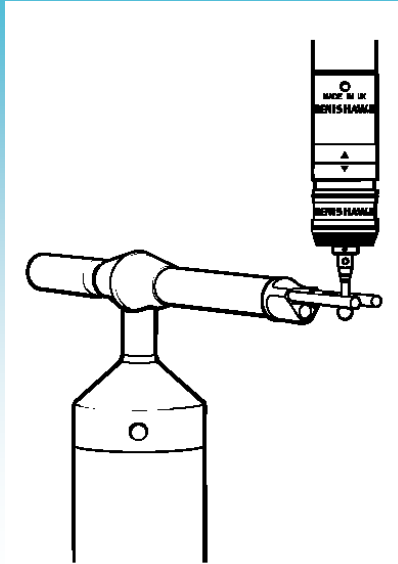
## KALIBRACIJA KUGLICE NA KINEMATSKOJ OBRTNOJ LOKACIJI



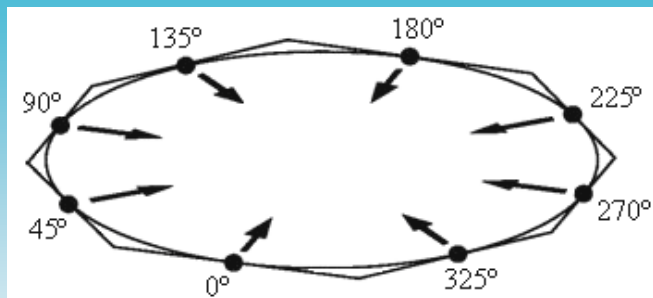
## POSTAVLJANJE RAVNOTEŽNOG ŠTAPA



## POSTAVLJANJE MERNOG PIPKA



## POSTUPAK MERENJA



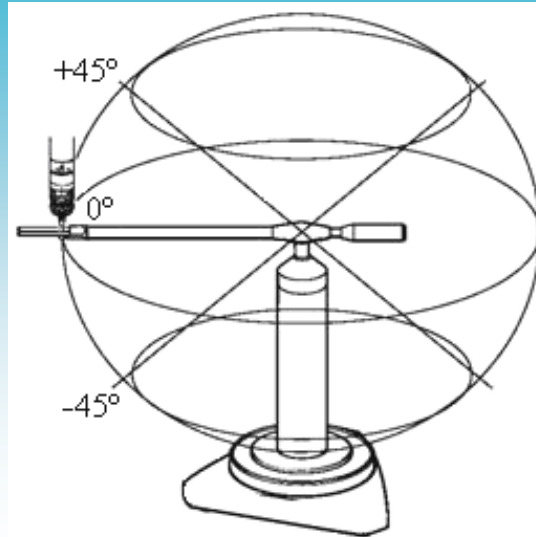
Visina štapa 0° - Meri se radijus štapa na 0° u horizontalnoj ravni

Visina štapa -45° - Meri se radijus štapa na -45° u horizontalnoj ravni

Visina štapa +45° - Meri se radijus štapa na +45° u horizontalnoj ravni

Sva tri koraka odvijaju se u osam pozicija merenja i ponavljaju se tri puta da bi se stekla ponovljivost rezultata. Ovim se uzima u obzir ukupno 72 (3x24) merenja za procenu zapreminske merne performanse i ponovljivosti sistema.

## MERNE POZICIJE



## PRORAČUN REZULTATA MERENJA

**Proračun srednjeg izmerenog radijusa štapa:**

$$R_{av} = \sum_{i=1}^{i=n} R_i$$

Gde je:

$R_{av}$  – srednji izmereni radijus

$R_i$  – odgovarajući izmereni radijus

$n$  – ukupan broj očitavanja

## PRORAČUN REZULTATA MERENJA

Proračun svakog izmerenog radijusa štapa i njihovo odstupanje od srednjeg izmerenog radijusa:

$$\Delta R_i = R_{av} - R_i$$

Gde je:

- $\Delta R_i$  – svaki izmereni radijus
- $R_{av}$  – srednji izmereni radijus
- $R_i$  – odgovarajući izmereni radijus

## PRORAČUN REZULTATA MERENJA

Proračun veličine odstupanja za sve tri visine štapa. Dobija se ZAPREMINSKA MERNA PERFORMANSA za zapreminu opisanu rukom radijusa R na sledeći način:

$$VMP = \Delta R_i(\max) - \Delta R_i(\min)$$

Gde je:

- VMP – zapreminska merna performansa
- $\Delta R_i(\max)$  – maksimalni izmereni radijus
- $\Delta R_i(\min)$  – minimalni izmereni radijus

## **PRORAČUN REZULTATA MERENJA**

**Proračun veličine odstupanja za svaku mernu poziciju. Ovo se zove PONOVLJIVOST SISTEMA NA TOJ POZICIJI.**

**Kada se pomoću MCG sistema otkriju odstupanja NUMM van tolerisanih vrednosti, poziva se nadležna servisna služba koja vrši kalibraciju NUMM.**

**HVALA NA**

**PAŽNJI**